

Title	ソフト宇宙論：異種論理系への埋込み(計算および計算量理論とその周辺)
Author(s)	高橋, 英之
Citation	数理解析研究所講究録 (1991), 754: 72-81
Issue Date	1991-06
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2433/82115">http://hdl.handle.net/2433/82115</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

## ソフト宇宙論 = 異種論理系への埋込み

日大理工・数 高橋 英之 (Hideyuki Takahashi)

§ 1 はじめに 近年、ファミコンやシミュレーションの形で「世界」と呼べるような何ものかがコンピュータの中に出来はじめている。であるなら、それを概念的に対象化して、広い意味の数学として研究してもよいのではないか。これが本研究のモチーフである。ところで「世界」とは何か？ 世界とは、空間、時間、物（存在）、そして運動と変化、相互作用、更には人間をも含むものである。逆にまたそれらの条件を満たしていれば、それは世界であると言える。この意味で、我々が住んでいる所は世界であり、コンピュータの中のソフト世界も世界である。ソフト世界のなかでも特に「ソフト宇宙」と言ったときには、我々の住む実宇宙にきわめて近いものを指すことにする。つまり基本法則として、場の理論のような偏微分方程式タイプのもを持ち、規模のほうも十分大規模なものである。そのときシミュレーションによって、コンピュータの中でビッグバンから宇宙が始まり、やがて銀河や太陽系が生れ、その惑星の一つで人類（ソフト人類）が誕生する。コンピュータの外では実験者がその経過を見ている。こうして実宇宙と相似なソフト宇宙が考えられる。

ソフト宇宙モデルを三項：〈実験者 E、コンピュータ C、ソフト宇宙 U〉として定義する。実験者はソフト宇宙のクリエイタ（creator）である。実験者をも一緒に考慮するのがこのモデルの特徴である。

§ 2 主張と前提 われわれの基本主張は「コンピュータ科学は世界模型を議論できる」という命題である。ソフト宇宙論により、古来の“世界観の問題”を論じうる土俵ができる。世界観の問題の代表は、クリエータの存在問題である。ここで、それが「存在問題」だという意味で、クリエータの存在問題を、連立一次方程式の解の存在だとか、幾何学における平行線の存在、等と比較してそれらと同種の問題として考えたいのである。一般に存在問題は三つの場合に場合分けされる。何か（１）存在しない。（２）存在して唯一。（３）存在して任意性がある。この三つのケースである。世界のクリエータの存在問題に関しても、この分類を参考にして話を進めてゆきたい。注意すべきは、平行線の有無の議論は“価値”とは無関係だが、クリエータの有無の議論はすぐさま“価値”と直結する。その点で、われわれの議論は学術的であろうとする限りは、（M. ウェーバーの言う）「価値自由」なものでなければならない。

三ケースへの分類を、平行線とクリエータについて比較して書いておく。

	平行線	クリエータ
存在しない	楕円的な 非ユークリッド幾何	科学主義 ～合理系 ……日常常識
存在して一意	ユークリッド幾何…日常常識 （放物線的幾何）	一神教 ～非合理系 ソフト宇宙論
二つ以上存在	双曲線的な 非ユークリッド幾何	多神教？ ～非合理系

ソフト宇宙論はコンピュータ科学による世界観モデルであり、のちに見るように神学的世界モデルを含む。その見所は、合理モデルの中で非合理的現象が起きる、という点である。言っている意味は、実験者がいてコンピュータでシミュレーションをする、というのは全く合理的なモデルでありながら、そのコンピュータの中のソフト世界にいる知的存在（ソフト人間）から見れば、さまざまな非合理的現象が生じうる、ということである。ゲーデルは1961年、55歳のときに、科学と神学的世界像の無矛盾性を証明できるのではないかと記している。正しさの証明でなく、無矛盾性の証明、なのである。数学基礎論を思い出すべきである。

本稿の内容は次の二つである。(i)ソフト宇宙論の概要。拙著『コンピュータの中の人類』〔文献1〕を参照。(ii)ソフト宇宙論の意義：それが「埋込み」であること〔文献2〕。

なお、ソフト宇宙論につながるような発想はこれまでに、SFの中にくらか認められる。朝日新聞1990.7.17夕刊『宇宙論をよむ』シリーズ第8回は、SFの宇宙論をまとめており、その中で〔文献1〕は一種のSFとして位置づけられている。特筆すべきはスタニスワフ・レム『完全な真空』（1971年）である。

ソフト宇宙論の〔議論の前提〕を述べる。前提は二つある。

- (1) 数学的世界観。これによって、ソフト宇宙と実宇宙との間に本質的な違いはないことになる。類似の世界観には：ピタゴラスの「万物は数である」という命題。事（コト）的世界観。関係的世界観。情報一元論、等。
- (2) 巨大コンピュータの存在。容量とスピードが極めて大きなコンピュータを想定する。質的には現在のと同じで、ただ量的にのみ延長したものを考える。

とにかくわれわれは〈実験者、コンピュータ、ソフト宇宙〉という三項

モデルを仮定する。これは抽象モデルであり、数学的な対象としてこのようなモデル集合を想定するのである。そのとき現実とモデルとの対応関係としては、我々の宇宙を、（実験者とコンピュータが存在する世界ではなく）ソフト宇宙の方に対応づける。この点にご注意願いたい。

一口にソフト宇宙論と言っても種々ある。モデルの分類を述べておく。

（Ⅰ）三項モデル：〈実験者、コンピュータ、ソフト宇宙〉の三項をモデルとする。これの中に次の二種類がある。（Ａ）自律モデル：実験者は手出しをせず、ソフト宇宙は自律的に発展する。初期状態はビッグ・バンから始まる。基本となるモデルはこれである。ソフト宇宙から実験者への情報の流れはある。つまり実験者はソフト宇宙の時間的経過を眺められる。

（Ｂ）相互作用モデル：実験者がソフト宇宙に働きかけて、両者が相互作用するケース。ファミコンはこのタイプである。

（Ⅱ）単項モデルあるいは自生モデル。ソフト宇宙だけからなるもの。

### § 3 〈世界の外〉という概念の成立 — 二重世界論

〈世界の外〉の定義は次の通りである。要素  $a$ ,  $b$ ,  $c$  …、および  $x$  があるとする。 $a$  たちはお互いに影響（情報や相互作用）を及ぼしあいながら変化発展していく。が、 $x$  はその変化に参加しない。 $x$  は  $a$  たちに影響を与えることなく  $a$  たちを見たり知ったりすることができる。つまり  $a$  たちから  $x$  への影響（情報）はあるけれども、 $x$  からそれらへはいっさい何の影響も及ぼさない、とする。この状況のとき、 $a$  たちは一つの「閉じた世界」をなす、 $a$  たちはその世界の「世界内存在」である、 $x$  は  $a$  たちの「世界の外」にある、という。我々の宇宙内に、実物体のレベルでは、厳密に閉じた世界はない。量子力学が言うところでは、観測者は対象と相互作用をすることによってのみ対象の知識を得ることができる。観測は対象

を乱す（波束の収縮）。人間は世界内存在である。

ソフト宇宙モデルにおいては事情は異なる。今、自律モデル（不干涉モデル）で考える。ソフト世界の中ではソフト的事物たちが相互に影響しあひながら運動している。それをコンピュータの外から、実験者がディスプレイを通して眺めている。明らかに実験者は、ソフト的事物に対してなんら影響を与えないで、一方的にそれを見ることができる。量子力学的な波動関数をさえ、それを乱すことなく観測することができる。つまり実験者はソフト世界に対してその〈世界の外〉にいる。実験者がソフト世界を一方的に見ることができる、というこの性質は徹底的なものであって、ソフト人間の心の中をさえ、彼に気付かれることなく読み取ることができる。相手になんの影響もなしに、心の変数値を取り出せるからである。

このことから、ソフト人間からみたとき、実験者は不可視・不可触の超越的存在であることが分る。ソフト人間にとって可知なものとは、対象から情報がやってくるものだけである。実験者からはなんの情報も入って来ないのだから、結局、実験者は不可知な存在である、ということにもなる。

〔内世界と外世界の比較〕をしておきたい。要点は、内外は異なる、ということである。まず空間について。例えば次元であれば、外世界が一次元で、内世界が三次元、といったことが可能である。これは万能チューリング機械の理論を用いてすべてを一次元上に実現できることから分る。

時間について。外世界の時間が線形だとしても、ソフト世界の時間は、正の向きはもちろん、逆の向きも可能で、更にはジグザグに進ませることさえできる。法則についても、例えば外は場の理論の世界で、内はL I F E gameの世界だ、という具合に、およそ異質な世界であることが可能である。ライブニッツが「可能世界」という概念を唱えているが、ソフト世界という形で、無数の可能世界を考えることができる。

〔宇宙の入れ子構造、あるいはソフト宇宙の階層構造〕について論じることができる。第0次宇宙を、実験者がおりコンピュータのある世界だとしよう。コンピュータの中のソフト宇宙が、第1次ソフト宇宙である。そこに住むソフト人間がコンピュータを造りその中にソフト宇宙を造ったとすれば、それが第2次ソフト宇宙である。この話は繰り返される。一般に第 $n$ 次ソフト宇宙がありうる。二重世界モデルは必然的に多重世界モデルとなる。このとき、階層は内側へは有限個である。というのは、コンピュータのメモリが有限だからである。外側へ向かっては、有限個に抑える論理的なメカニズムはない。

$n$  当て問題を提案する。第 $n$ 次ソフト宇宙の $n$ を、その宇宙の住人が当てることが可能か？という問題である。特に $n = 0$ か $n \geq 1$ かが重要である。結論は、自律モデルでは不可能である。これに関連して、『西洋紀聞』に記された新井白石と宣教師シドッチの論争が思い出される。

〔出会い〕について述べたい。出会いとは、実験者とソフト人間との出会いである。当然、ここでは本来の自律モデルは取らない。出会いの種類には三種類ある。(1) インタフェイスを通しての出会い。実験者とソフト人間とはそれぞれの位置を動かず、媒介装置を通して接触する。(2) 中での出会い。実験者がソフト宇宙の中に入りこんで、ソフト人間に会う。(3) 外での出会い。ソフト人間がコンピュータの外へ出て、実験者に会う。詳しくは文献1を参照されたい。

#### § 4 時間論 — とくに時間の自由な編集について

ソフト世界に関しては「線形時間からの逸脱」が可能である。以下で特に、ソフト人間が過去から直接的に未来へと移動する場合について述べる。これは外からの実験者の操作によって可能となるのである。

ここで「理想化 V T R」の存在を仮定する。これはソフト宇宙の各瞬間の全変数値（これを画面と呼ぶ）を刻々に記録できる記憶装置である。もちろん全データでなく一部の場合もある。画面を記憶できることから、画面の編集もまた可能となる。編集操作には、部分的データの取出しや削除、置換、付加などがある。また、コンピュータから V T R へのデータ転送やその逆、ある画面を初期設定してのシミュレーション開始、なども操作のうちである。

さて「過去から未来への移動」について述べる。ある時刻  $t$  にソフト人間  $m$  がいるとして、実験者が彼を V T R に記録する。やがて時間がたって  $m$  が死ぬ。その死後のある時点  $t'$  で、実験者が  $m$  の記録を取り出してそれをソフト世界に付け加えて再生した、とする。これらの操作はすべてソフト的技術の範囲内であるから、問題なく可能である。 $t'$  において世界は再定義され、そこからまたソフト世界のシミュレーションが始まる。他のソフト人間から見たとき、このソフト人間  $m$  の再生は何と解釈できるだろうか。復活である。ソフト宇宙ではこんな不思議なことが可能となる。

ソフト宇宙の始まりや終わりについても論じられるが、ほかの多くの話題とともに、割愛する。

## § 5 ソフト宇宙論の理論的意味＝埋込み

先にも触れたように、幾何学には平行線の有無によって三種類の幾何学がありうるが、更に興味深いことには、非ユークリッド幾何学からユークリッド幾何学への埋込みが論じられる。つまり「ユークリッド幾何学の中に非ユークリッド幾何学のモデルをつくる」ことができる。例えば“球面上の幾何学”（正確にいうと、球面の対称点を同一視した射影平面）という形で、平行線が一本も存在しない非ユークリッド幾何学が、ユークリッ



ド幾何学の中に実現される。この埋込みによって判るのは、「もしユークリッド幾何学が無矛盾ならば、非ユークリッド幾何学も無矛盾である」という命題である。何故なら、もし非ユークリッド幾何学が矛盾していれば、それは埋込みを通じてユークリッド幾何学の矛盾として現れるはずだからである。これと平行な話がソフト宇宙論でも進められる。

古来の世界観の議論において一つの基本的問題は、世界のクリエータの存在問題であった。三つのケースがありうる。(1) クリエータが存在しないとする。これを合理系と呼び、世界を $U$ で表すとき、モデルは単項の $\langle U \rangle$ となる。

(2) クリエータが唯一人存在するとする。クリエータを $E$ で表すと、モデルは二項の $\langle E, U \rangle$ となる。これを非合理系と呼ぶ。(3) クリエータが二人以上存在するとする。クリエータの集りを $\{E_i\}$ とすると、モデルはやはり二項の $\langle \{E_i\}, U \rangle$ となる。これも同じく非合理系と呼ぶ。

合理系という名称の根拠は、このモデル $\langle U \rangle$ に関する推論としてはすべて“通常の合理主義的な推論”が用いられるからである。その特徴は、世界の中で閉じた推論、すなわち“原因を世界の外に求めない推論”である、という点である。

一方、 $\langle E, U \rangle$ を非合理系と呼ぶ理由は、 $U$ に含まれる人間 $m$  ( $m \in U$ ) がなす推論として、非合理的な推論が行われるからである。これは、世界 $U$ の内部だけにとどまらない推論、すなわち“原因を世界の外に求める推論”である。

合理系(1)は世界だけから成るものであるが、世界として特に $U_0$ を取るなら、 $\langle U_0 \rangle$ である。ソフト宇宙論ではその $U_0$ において、由来は問わず、とにかく実験者 $E$ とコンピュータ $C$ とが存在し、しかもその $C$ の

中に宇宙  $U$  が生じるものを考えるわけだから、記号的には  $\langle U \circ, E, C, U \rangle$  と書ける。前まではソフト宇宙モデルは実験者とコンピュータとソフト宇宙の三項から成るとして、記号でいえば  $\langle E, C, U \rangle$  だと考えてきた。だが今は、実験者  $E$  とコンピュータ  $C$  とを含む世界  $U \circ$  を考えて、これを  $\langle U \circ, E, C, U \rangle$  と書き直したのである。 $U \circ \supset E, C$ 。こうしてソフト宇宙モデルは四項  $\langle U \circ, E, C, U \rangle$  と見なすことができ、しかもそれは合理系の一種なのである。

ところで非合理系 (2) は  $\langle E, U \rangle$  であった。この非合理系  $\langle E, U \rangle$  を合理系に埋込むとは、次の対応

$$\text{Embedding : } \langle E, U \rangle \rightarrow \langle U \circ, E, C, U \rangle$$

非合理系

合理系

を意味する。埋込み先ではコンピュータ  $C$  を介在させて  $E$  と  $U$  の関係が実現されている。宇宙  $U$  は、ソフト宇宙  $U$  に対応される。

合理系の一種  $\langle U \circ, E, C, U \rangle$  においては、全体として合理的推論がなされ、特に  $\langle U \circ, E, C \rangle$  の部分は確かに合理系なのだけれども、その部分系  $\langle E, U \rangle$  を取り出すなら、これは非合理系なのである。というのは、 $U$  に含まれるソフト人間  $m$  ( $m \in U$ ) から周りを見たとき、原因を世界の外に求めるほかない現象が生起するからである。その現象の理解のためには彼  $m$  は、世界の内部だけに閉じないような推論を行わなければならないのである。こうして、非合理系の、合理系への埋込みができたことになる。この埋込みから導かれるのは、

「もし合理系が無矛盾なら、非合理系も無矛盾である」

という命題である。埋込みの背後にあるのは「公理の独立性」という概念である。クリエータの存在公理が、平行線公理と同じ意味で、独立なのである。

§ 6 成果と問題点 まず本研究の成果は次の通りである。

(1) ソフト宇宙論という形で、コンピュータ科学が「世界模型」を扱えることを示した。時間・空間・存在といった問題に対して、物理学とはまた異なる観点を提出できた — こんな機会はめったにあるものではない。特に、非合理系を具体的に議論しうる基礎を与えたことは意義がある。

(2) ソフト宇宙論の理論的意味が「埋込み」であることを述べた。非合理系の合理系への埋込みである。これにより「合理系が無矛盾→非合理系も無矛盾」ということが言える。ここから出てくる結論は、世界モデルの並列性であり、また世界の究極的な構造は人間にとっては理解しえないという不可知論である。(そこに選択の自由もまたある)。不可知論そのものは昔からある一つの主張だが、その根拠を示したところに意義がある。

次に未解決問題は以下の通りである。(1) 形式言語が必要であること。議論は論理的ではあるけれども、まだ十分形式化されていない。

(2) 前提の無矛盾性を示すこと。つまり埋込みの“親空間”である合理系は本当に無矛盾性かどうかの問題である。コンピュータCは普通のコンピュータを単に量的にのみ延長したものだ、としたわけだが、そういうコンピュータを存在させるような世界U<sub>0</sub>があるとする前提は、本当に大丈夫なのかどうか。この前提の無矛盾性を何に依拠して論証するのか、といった点が未解明である。結局のところソフト宇宙論は、やや粗さをもったデッサンの段階ではあるが、全体としては相当に大きな絵である、というのが評価かと考えられる。

#### 〔文 献〕

(1) 高橋英之『コンピュータの中の人類』御茶の水書房、1990年刊。

(2) 同 『マインド・テクノロジーとしての思想』(仮題)出版未定。